

## Поиск редких каналов реакций с испарением нейтронов

Тезекбаева Мерейгуль Сайлаубаевна

Государственный университет «Дубна», Объединенный институт ядерных исследований

Еремин Александр Владимирович, к.ф.-м.н.

[mereykai01@gmail.com](mailto:mereykai01@gmail.com)

Более 20 лет в лаборатории ядерных реакций проводятся эксперименты по синтезу и изучению свойств радиоактивного распада изотопов сверхтяжелых элементов ( $Z \geq 110$ ). В основном используются реакции полного слияния ускоренного пучка  $^{48}\text{Ca}$  с мишенями тяжелее урана. Изотопы сверхтяжелых элементов (СТЭ) синтезируются в реакциях полного слияния тяжелых ионов с ядрами мишени с последующим испарением нейтронов из возбужденного составного ядра. Реакции полного слияния с испарением нейтронов могут использоваться для синтеза небольшого числа изотопов СТЭ, что обусловливается наличием ограниченного количества изотопов трансурановых элементов, используемых в качестве мишени. Для получения более нейтронно-избыточных изотопов сверхтяжелых элементов необходимо использовать экзотические реакции с испарением протонов и нескольких нейтронов. Например, в реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{248}\text{Cm}$  через  $r3n$  канал получается  $^{292}\text{Mc}_{115}$ , тогда как в прямой реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$  возможно получить только изотопы  $^{288}\text{Mc}_{115}$ ,  $^{289}\text{Mc}_{115}$ . Из литературы известен только один эксперимент, где проводился поиск  $r3n$  канала с регистрацией  $^{256}\text{Md}$ , полученного из реакции  $^{242}\text{Pu} + ^{18}\text{O} \rightarrow ^{260}\text{Md}^*$ . На сепараторе ВАСИЛИСА с использованием циклотрона У400 ЛЯР ОИЯИ был проведен ряд экспериментов в области более легких ядер с использованием реакции  $^{22}\text{Ne} + ^{194,196,198}\text{Pt} \rightarrow ^{216,218,220}\text{Ra}^*$  [1], где в  $xn$  канале синтезировались изотопы Ra, а в  $rxn$  канале – изотопы Rn. В последнее время, с использованием пучков  $^{50}\text{Ti}$  и мишени  $^{164}\text{Dy}$  исследовалось сечение образования изотопов в  $r3n$ ,  $r4n$  канале, соотношение сечений между каналами  $xn$  и  $rxn$  в зависимости от энергии пучка составляет порядка 10/20/30.

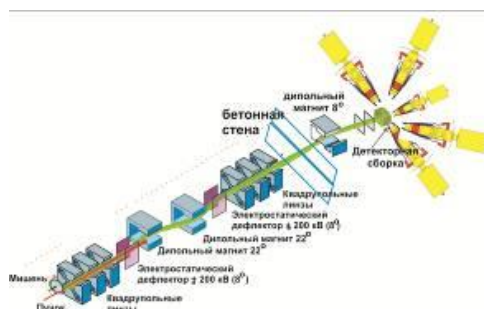


рис. 1. Схема сепаратора SHELS. Сепарирующая часть состоит из комбинации электростатических и магнитных полей – фильтр скоростей. В фокальной плоскости расположена детектирующая система GABRIELA

Целью данной работы является детальное изучение свойств радиоактивного распада изотопов 105, 104 элементов и их дочерних ядер. В 2016 году в лаборатории ядерных реакций ОИЯИ был проведен первый эксперимент по поиску каналов с испарением протонов в области трансфермиевых ядер. В реакции полного слияния  $^{50}\text{Ti} + ^{209}\text{Bi} \rightarrow ^{259}\text{Db}^*$  при энергии возбуждения, соответствующей испарению двух нейтронов, был обнаружен  $r0n$  канал, соотношение сечений порядка 500. По его результатам был проведен второй эксперимент на кинематическом сепараторе SHELS (модернизированная ВАСИЛИСА), обладающий хорошими фоновыми условиями в фокальной плоскости (рис. 1). Энергия соответствовала испарению четырех нейтронов ( $^{255}\text{Db}$ ) или  $r2n$  каналов ( $^{256}\text{Rf}$ ). Комбинированная установка GABRIELA, располагающаяся в фокальной плоскости сепаратора, включает в себя детектирующую камеру, фокальный двухсторонний детектор, один германиевый Clover детектор и 4 германиевых однокристалльных детектора. Детектирующая сборка из полупроводниковых Si-детекторов (“колодец”) представляет собой фокальный двухсторонний  $100 \times 100 \text{ мм}^2$  стриповый детектор, по периметру которого расположены четыре боковых 128-стриповых детектора. Кремниевые детекторы обеспечивают регистрацию альфа-, бета-частиц и осколков деления в геометрии, близкой 4π. Высокоинтенсивные пучки тяжелых ионов  $^{50}\text{Ti}$  с хорошим энергетическим разрешением получены при помощи циклотрона У400.

В ходе обработки экспериментальных данных, при помощи поиска корреляций между ядрами отдачи и соответствующими им осколками спонтанного деления, были обнаружены редкие каналы реакции с испарением нейтронов. Дальнейшим анализом является непосредственное изучение радиоактивного распада образовавшихся изотопов путем поиска корреляций между ядрами отдачи и соответствующими им альфа-частицами.

Список публикаций:

[1] А.Н. Андреев, Д.Д. Богданов, А.В. Еремин др., Краткие сообщения ОИЯИ, №4 [72] –95 стр. 43–62, (1995)